

特開平10-67586

(43)公開日 平成10年(1998)3月10日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C04B 41/88			C04B 41/88	C
37/02			37/02	B
H05K 1/03	610		H05K 1/03	D
				E

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平8-244075	(71)出願人	000224798 同和鉱業株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号
(22)出願日	平成8年(1996)8月27日	(72)発明者	桜庭 正美 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号 同和鉱業株式会社内
		(72)発明者	木村 正美 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号 同和鉱業株式会社内
		(72)発明者	中村 潤二 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号 同和鉱業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 丸岡 政彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーモジュール用回路基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 近年のパワーモジュール用セラミックス回路基板に要求される 30 kg/mm^2 以上のピール強度と30サイクル以上のヒートサイクル特性とを併せ持つパワーモジュール用回路基板とその製造方法を提供すること。

【構成】 Nと結合してセラミックを構成する主要金属成分と表層に残存するBN中のBとの比が、けい光X線の強度比で B/Al 比が 50×10^{-6} 以下、または B/Si 比が 50×10^{-6} 以下である窒化物系セラミック基板の少なくとも一方に導電回路を形成してパワーモジュール用回路基板となす。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 AlN または Si_3N_4 のように窒化物を主成分とするセラミック基板を用いる回路基板において、表層に残存する BN との比が、けい光 X 線の強度比で B/Al 比が 50×10^{-6} 以下、または B/Si 比が 50×10^{-6} 以下であるセラミック基板の少なくとも一方に導電回路を形成していることを特徴とするパワーモジュール用回路基板。

【請求項 2】 上記回路基板は、 Ti 、 Zr 、 Hf のうち少なくとも 1 種の活性金属を含むろう材を介在させて接合したものに導電回路を形成させたことを特徴とする請求項 1 記載のパワーモジュール用回路基板。

【請求項 3】 上記回路基板は、セラミック基板表面を一部酸化させた後に直接接合せしめたものに導電回路を形成させたことを特徴とする請求項 1 ～ 2 記載のパワーモジュール用回路基板。

【請求項 4】 セラミック基板の少なくとも一方の主面に導電回路を有してなるパワーモジュール用回路基板の製造方法であって、表層に残存する BN との比が、けい光 X 線の強度比で B/Al 比が 50×10^{-6} 以下、または B/Si 比が 50×10^{-6} 以下であるセラミック基板の少なくとも一方の主面に Ti 、 Zr および Hf からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の元素の単体、またはその水素化物や酸化物を含むろう材を介在させて導電回路を形成し、これを真空およびアルゴン雰囲気中において加熱することにより導電回路を構成する金属と AlN または Si_3N_4 のような窒化物を主成分とするセラミックス基板とを接合することを特徴とするパワーモジュール用回路基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高強度セラミックスと金属との複合体からなる回路基板およびその製造方法に関し、さらに詳しくは、集積回路や半導体部品の実装に好適な高ヒートサイクル性を有するパワーモジュール用回路基板およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、パワートランジスタ、IGBT、IPM、パワーモジュールなど熱が大量に発生する電力用デバイス用の実装基板としては、導電回路を有するセラミック回路基板が広く用いられており、特に近年では、高熱伝導率を有する AlN セラミック回路基板の応用に注目が集められ、良質な AlN セラミック回路基板を製造するために、セラミック基板の製造・通電回路の形成などの様々な工夫がなされている。この一例として、 AlN セラミック基板の製造においては、緻密な基板を得るために数%のイットリウム (Y_2O_3) に代表される希土類酸化物、およびカルシアに代表されるアルカリ土類酸化物が焼結助剤として添加されているように、現在市販の高熱伝導性を有する AlN セラミック基板に

は、2 ～ 8 wt % 程度の Y_2O_3 が添加されている。また、 AlN セラミック基板を量産する場合、数枚または数十枚の基板を重ねて一度に焼結が行われるが、その際基板と基板との間の接着を防止するため、分離材として窒化ホウ素 (BN) などが広く用いられてきた。

【0003】 一方、セラミック基板の表面への導電回路の形成においては、基板の表面に導電性ペーストを印刷し、高温での焼成によって導電回路を形成するメタライズ法 (特開平 2 - 1 4 9 4 8 5 号) や、予め空気中において約 $1000^\circ C$ の温度で AlN セラミック基板を処理し、基板の表面にアルミナを生成させた後、酸素を含有する銅板を使用して不活性雰囲気中で加熱するか、あるいは無酸素銅を使用して酸化性雰囲気中で加熱することにより、界面で Cu_2O と Cu との共晶溶液を発生させ、表面にアルミナが形成されている AlN セラミック回路基板と銅板とを接合し、導電回路を形成する直接接合法 (特開平 3 - 9 3 6 8 7 号) や、さらには基板表面にろう材を回路形状に塗布し、このろう材の上に銅パーツを載置し、これを加熱することによって基板と銅パーツとを接合して導電回路を形成するろう接法等が一般的に用いられてきた。尚、特に電力用回路基板の製造時における導電回路の形成の場合には主に上記直接接合法やろう接法が用いられていた。また、 AlN セラミック回路基板の表面には、粒界構成相成分のしみ出しによって形成された粒界構成相成分の高い表面層が存在し、その表面には離型材などの不純物が残留して窒化アルミニウムと導電回路との接合を阻害するため、メタライズ法で導電回路を形成するときには、ラッピングおよびホーニングなどの方法で粒界構成相成分を除去する必要があるといった発明が特開平 2 - 2 5 8 6 8 6 に開示されている。

【0004】 さらに特開平 2 - 1 4 9 4 8 5 号には AlN セラミック回路基板の表面に析出した粒界構成相成分は接合表面を粗くし、セラミック基板と導電体との接合強度を低下させるとともに、熱伝導性を損ねるため、液体溶媒による表面の粒界構成相成分を除去する方法について開示している。さらにまた、特開平 3 - 9 3 6 8 7 号には、 AlN セラミック回路基板の表面に析出した粒界構成相成分が酸化处理の影響をほとんど受けずに AlN セラミック基板の表面に残留し、表面被覆層 (直接接合法においては酸化アルミニウム層) とセラミック基板との接着力低下を招くため、酸性溶液を用いて化学的な表面処理を施して粒界構成相成分を除去した後、表面被覆層を形成する方法について開示されている。これら上記の接合方法を用いても、近年パワーモジュール用セラミック回路基板に要求されるピール強度やヒートサイクル性はそれぞれ $10 kg/cm$ 前後や 100 回未満程度が実力値であった。本出願人は先にこれらの問題を解決するために、特開平 6 - 5 3 6 2 4 号でセラミック基板の抗折強度、セラミック基板中の酸素とイットリウムと

の重量比、セラミック基板の表面に残存する窒化ホウ素の量、および接合温度が接合強度に強い影響を及ぼすことを見だし、ピール強度が 30 kg/mm^2 以上を有する高強度窒化アルミニウム回路基板を提供することができた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】パワーモジュール用セラミック回路基板においては、基板の上には半導体や集積回路の他、粗大な電極も接続されることからセラミック回路基板に大きな力に加えられ、よりピール強度や高ヒートサイクル性の優れた回路基板の開発が望まれていた。上述の本出願人による高強度窒化アルミニウム回路基板においては、表面層に残存する窒化ホウ素のX線回折強度（IBN）と窒化アルミニウムのX線回折強度（IALN）との比が 6×10^{-2} 以下である窒化アルミニウム基板に活性金属ろう材を介在させて銅板と接合させたものは、ピール強度が 30 kg/mm^2 以上となることを開示した。しかしながら近年のパワーモジュール用セラミックス回路基板に要求される特性は、上記ピール強度が 30 kg/mm^2 以上でなおヒートサイクル特性も現在の30サイクル以上のものを併せて要求しているが、両方の特性を満たす銅張り基板としては製造できないでいたため、本発明はこれらの問題を解決できるパワーモジュール用回路基板を開発することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するために鋭意研究した結果、セラミック基板の種類と、それらの基板表面に残存するBNの量との相関関係をさらに追及したところ、 B/Al 比や B/Si 比によってヒートサイクル特性に相違があることを見だし本発明法を提供することができた。すなわち本発明の第1は、 AlN または Si_3N_4 のような窒化物を主成分とするセラミック基板を用いる回路基板において、 N と結合してセラミックを構成する主要金属成分と表層に残存するBN中のBとの比が、けい光X線の強度比で B/Al 比が 50×10^{-6} 以下、または B/Si 比が 50×10^{-6} 以下であるセラミック基板の少なくとも一方に導電回路を形成していることを特徴とするパワーモジュール用回路基板に関する。本発明の第2は、上記回路基板は、 Ti 、 Zr 、 Hf のうち少なくとも1種の活性金属を含むろう材を介在させて接合したものに導電回路を形成させたことを特徴とする請求項1記載のパワーモジュール用回路基板に関する。本発明の第3は、上記回路基板は、セラミック基板表面を一部酸化させた後に直接接合せしめたものに導電回路を形成させたことを特徴とする請求項1～2記載のパワーモジュール用回路基板に関する。本発明の第4は、セラミック基板の少なくとも一方の主面に導電回路を有してなるパワーモジュール用回路基板の製造方法であって、表層に残存するBNとの比

が、けい光X線の強度比で B/Al 比が 50×10^{-6} 以下、または B/Si 比が 50×10^{-6} 以下であるセラミック基板の少なくとも一方の主面に Ti 、 Zr および Hf からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素の単体、またはその水素化物や酸化物を含むろう材を介在させて導電回路を形成し、これを真空およびアルゴン雰囲気中において加熱することにより導電回路を構成する金属と AlN または Si_3N_4 のような窒化物を主成分とするセラミックス基板とを接合することを特徴とするパワーモジュール用回路基板に関する。

【0007】

【作用】本発明で使用可能なセラミックス基板は、 AlN 基板のみならず Si_3N_4 基板のように窒化物を主成分とする基板であり、また接合する回路用金属としては銅板である。本発明においては上記 AlN 基板または Si_3N_4 基板の製造工程における分離材除去工程において予備焼成、ホーニング時間、ホーニング圧力、ホーニングスプレーガン数を変更してBN量を変化させたものを用いて銅板を以下の接合手段で接合した。上記 AlN 基板と Si_3N_4 基板の両面に、銅板（ 0.3 mm 、 0.25 mm ）を Ti を含む活性金属ろう材（ $Ag\ 71.0\%$ 、 $Cu\ 16.5\%$ 、 $Ti\ 2.5\%$ ）を介在させて真空中 850°C で焼成して接合した（以下、活性金属ろう接合という）ものをエッチング処理を施して所定の回路を有する回路基板を得る。あるいは他の接合法として、 AlN 基板を大気中で焼成して基板表面を表層酸化し、所定の銅パターンを直接接合して所定の回路を有する回路基板を得る（以下、直接接合法という）。

【0008】一般に、窒化物セラミック基板を予備焼成するときに分離材として使用する窒化ホウ素は、窒化物セラミック基板の表面層の AlN 結晶粒あるいは Si_3N_4 結晶粒のような粒界に残存することが多く、窒化ホウ素の残存量が多いと基板の表面粗さが適当なものを用いても十分な接合強度を得ることができない。上記の場合には、用いた窒化アルミニウムまたは窒化珪素と窒化ホウ素との反応性が乏しいため粒子同士の接合強度が低く、しかも窒化ホウ素自体がへき開性の強い物質であり、窒化ホウ素自体の強度が低いためである。本出願人による特開平6-53624号公報で開示したように、高接合強度を得るための一要因として、窒化ホウ素の残存量としては理学電機製X線回折装置を用いてターゲットを Cu 、加速電圧および加速電流をそれぞれ 50 kV および 30 mA とした条件で、セラミック基板の表面を回折した場合、窒化アルミニウムの（100）、（002）、（101）面の平均回折強度を $IALN$ との比（ $IBN/IALN$ ）が 6×10^{-2} 以下であればピール強度が 30 kg/cm 以上となることを見だした。しかしながらヒートサイクル耐性については、従来の30サイクル前後でも実用品としては十分であったが、パワ

一モジュール用回路基板としては、上記接合強度の他、ヒートサイクル耐性についてもより高ヒートサイクルのものが望まれるようになり、本発明者は B/Al の比または B/Si の比がけい光X線で 50×10^{-6} 以下になるとヒートサイクル耐性が急激に向上することを見いだした。以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明する。しかし本発明の範囲は以下の実施例により制限されるものではない。

【0009】

【実施例1】まずセラミックス基板として焼結後、 $53 \times 29 \times 0.635$ mmの AlN 基板を14組（1組40枚）用意し、これら各基板のホーニング処理条件（時間・圧力・スプレーガン数）を適当に変更して BN 量を変化させ、表1に示す値の B/Al 比の基板を得た。なお、ホーニングとはセラミック基板を重ね焼きする際に、基板どうしが接着しないように、離型材として用いた BN 等を除去する工程である。これらのうち半分の7組に、 $Ag 71.0 \text{ wt} \%$ 、 $Cu 16.5 \text{ wt} \%$ 、 Ti

2. $5 \text{ wt} \%$ 含有する活性金属ろうペースト材を用いて 0.3 mm 、 0.25 mm 厚の銅板を真空中、 850°C で焼成して接合したものを、エッチング処理を施して所定回路を形成した。他の7組については、大気中で焼成して表層酸化を行った後、予め所定の回路状に形成してある銅パターンを表面に、裏面には平板からなる銅板を不活性雰囲気中で 1063°C で直接接合させた。得られた接合体を用いて、以下のようにしてヒートサイクル耐性を求めた。ヒートサイクル条件として $+125^\circ\text{C}$ 30分、 -40°C 30分を1サイクルとして、このヒートサイクルを所定回数行った回路基板から回路を除去して白基板状態に戻したサンプルを検頭鏡で観察して、30、50、70、100サイクルにおけるクラック発生状況を10個ごとに調べ、クラック発生状況により○、△、×の3種類に分けたものを表1に併せて示した。

【0010】

【表1】

	ホーニング条件		$B/Al \times 10^{-6}$	ヒートサイクル後クラック発生状況 $n=10$					
				30	50	70	100	150	200
AlN 接合 基板	活性 金属 接合	① 実施例	9	○	○	○	○	—	—
		② 実施例	18	○	○	○	○	—	—
		③ 実施例	24	○	○	○	○	—	—
		④ 実施例	33	○	○	○	△	—	—
		⑤ 実施例	47	○	○	○	△	—	—
		⑥ 比較例	76	○	×	×	×		
		⑦ 比較例	82	○	×	×	×		
	直接 接合	① 実施例	9	○	○	○	○	—	—
		② 実施例	18	○	○	○	○	—	—
		③ 実施例	24	○	○	○	△	—	—
		④ 実施例	33	○	○	○	×	—	—
		⑤ 実施例	47	○	○	○	×	—	—
		⑥ 比較例	76	○	×	×	×	—	—
		⑦ 比較例	82	○	×	×	×	—	—
Si_3N_4 接合 基板	ホーニング条件		$B/Si \times 10^{-6}$	ヒートサイクル後クラック発生状況 $n=10$					
				50	100	150	200	250	300
	活性 金属 接合	① 実施例	8	○	○	○	○	○	○
		② 実施例	17	○	○	○	○	○	○
		③ 実施例	28	○	○	○	○	○	○
		④ 実施例	46	○	○	○	○	△	△
		⑤ 比較例	65	○	○	△	×	×	×

○ : 全くクラックなし 0/10

△ : 1/10~3/10

× : クラック発生 4/10~10/10

【0011】

【実施例2】セラミック基板として焼結後 $53 \times 29 \times 0.635$ mmの Si_3N_4 基板を5組(1組50枚)用意し、これら各基板のホーニング処理条件(時間・圧力・スプレーガン数)を適当に変更してBN量を変化させ、表1に示す値の B/Si 比の基板を得た。これらの

40 基板に、 $Ag 71.0$ wt%、 $Cu 16.5$ wt%、 $Ti 2.5$ wt%含有する活性金属ろうペースト材を用いて 0.3 mm、 0.25 mm厚の銅板を真空中、 $850^\circ C$ で焼成して接合したものを、エッチング処理を施して所定回路を形成した。得られた接合体を用いて、実施例1と同様の条件でヒートサイクル耐性の試験を、50、100、150、200、250、300サイクル毎に行い、クラック発生状況を調べ、その結果を表1に併せて示した。これらの結果から実施例1においては B/A

1比が 50×10^{-6} 以下である場合には、活性金属ろう接合では70サイクル迄使用可能であり 30×10^{-6} 以下では100サイクル迄クラックの発生が見られなかったのと同様に、直接接合でもほぼ同じ傾向であった。一方、実施例2における活性金属ろう接合では、 B/Si 比が 50×10^{-6} 以下であると200サイクル迄クラックの発生が見られなかった。

【0012】

【発明の効果】上述のように従来ヒートサイクル耐性については、AlN基板で30サイクル程度のものが、本発明品のように B/Al 比や B/Si 比を制御することによって70サイクル以上に向上した。また、 Si_3N_4 基板では100サイクル程度のものが200サイクル以上に向上した。以上によりパワモジュール回路基板の信頼性を大幅に向上させた。

フロントページの続き

(72)発明者 高原 昌也

東京都千代田区丸の内 1 丁目 8 番 2 号 同

和鉱業株式会社内